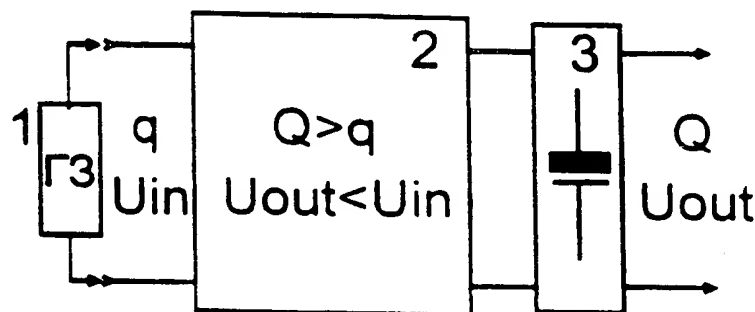


МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ  
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (PCT)

(51) Международная классификация изобретения: H02N 2/18, I/00, G21H 1/00, H02M 11/00	A1	(11) Номер международной публикации: WO 99/23749 (43) Дата международной публикации: 14 мая 1999 (14.05.99)
(21) Номер международной заявки: PCT RU98/00352 (22) Дата международной подачи: 29 октября 1998 (29.10.98)	(81) Указанные государства: BY, CA, CN, KR, NO, SG, UA, US, европейский патент (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(30) Данные о приоритете: 97118033 30 октября 1997 (30.10.97) RU	Опубликована С учетом о международном поиске.	
(71)(72) Заявители и изобретатели: НУНУПАРОВ Мартын Сергеевич (RU/RU); 103460, Москва, Зеленоград, корп. 1133-159 (RU) [NUNUPAROV, Martyn Sergeevich, Moscow (RU)]; МАСЛЕННИКОВ Николай Михайлович (RU/RU); 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 91/2, кв. 29 (RU) [MASLENNIKOV, Nikolai Mikhailovich, Moscow (RU)].	До истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений.	

(54) Title: METHOD OF POWER SUPPLY FOR ELECTRONIC SYSTEMS AND DEVICE THEREFOR

(54) Название изобретения: СПОСОБ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВО  
ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

1...CHARGE GENERATOR

## (57) Abstract

This invention describes a method and a device for self-contained power supply of electronic systems by conversion of energy from non-electric sources into electric energy by means of charge generators. Charge generators used in such devices may be piezoelectric or triboelectric elements or radioactive sources of charged particles which, unlike traditional electric supply sources, do not require periodical replacement or recharging. When a charge generator (1) is activated, it generates a series of electrical charges  $q$  having a high electric potential  $U_{in}$  which are inputted in the charge energy converter (2). The converter (2) is used to increase the initial value  $q$  of the charges up to a value  $Q$  and simultaneously to reduce their potential to a value  $U_{out}$  which is lower than  $U_{in}$ . An electric charge accumulator (3) arranged at the output of the device accumulates the charges  $Q$  resulting from conversion and which are used to supply electronic systems.

Изобретение относится к способу и устройству, обеспечивающим автономное питание электронных систем посредством преобразования энергии источников неэлектрической природы в электрическую энергию с помощью генераторов заряда. В качестве генераторов заряда для таких устройств могут использоваться пьезоэлементы, трибоэлементы, а также радиоактивные источники заряженных частиц, не требующие периодической замены или подзарядки, в отличие от традиционных источников электрического питания, гальванических батарей. При активизации генератора (1) заряда он вырабатывает порцию электрических зарядов  $q$  с высоким электрическим потенциалом  $U_{in}$ , которая поступает на вход преобразователя (2) энергии зарядов. Функция преобразователя (2) сводится к увеличению исходной величины зарядов  $q$  до величины  $Q$  с одновременным понижением их потенциала до величины  $U_{out}$ , меньшей по сравнению с  $U_{in}$ . Для накопления полученных в результате преобразования зарядов  $Q$ , требуемых для питания электронных систем, на выходе устройства установлен накопитель (3) электрических зарядов.

# ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Коды, используемые для обозначения стран-членов РСТ на титульных листах брошюр, в которых публикуются международные заявки в соответствии с РСТ.

AL	Албания	GE	Грузия	MR	Мавритания
AM	Армения	GH	Гана	MW	Малави
AT	Австрия	GN	Гвинея	MX	Мексика
AU	Австралия	GR	Греция	NE	Нигер
AZ	Азербайджан	HU	Венгрия	NL	Нидерланды
BA	Босния и Герцеговина	IE	Ирландия	NO	Норвегия
BB	Барбадос	IL	Израиль	NZ	Новая Зеландия
BE	Бельгия	IS	Исландия	PL	Польша
BF	Буркина-Фасо	IT	Италия	PT	Португалия
BG	Болгария	JP	Япония	RO	Румыния
BJ	Бенин	KE	Кения	RU	Российская Федерация
BR	Бразилия	KG	Киргизстан	SD	Судан
BY	Беларусь	KP	Корейская Народно-Демократическая Республика	SE	Швеция
CA	Канада	KR	Республика Корея	SG	Сингапур
CF	Центрально-Африканская Республика	KZ	Казахстан	SI	Словения
CG	Конго	LC	Сент-Люсия	SK	Словакия
CH	Швейцария	LI	Лихтенштейн	SN	Сенегал
CI	Кот-д'Ивуар	LK	Шри-Ланка	SZ	Свазиленд
CM	Камерун	LR	Либерия	TD	Чад
CN	Китай	LS	Лесото	TG	Того
CU	Куба	LT	Литва	TJ	Таджикистан
CZ	Чешская Республика	LU	Люксембург	TM	Туркменистан
DE	Германия	LV	Латвия	TR	Турция
DK	Дания	MC	Монако	TT	Тринидад и Тобаго
EE	Эстония	MD	Республика Молдова	UA	Украина
ES	Испания	MG	Мадагаскар	UG	Уганда
FI	Финляндия	MK	Бывшая югославская Республика Македония	US	Соединенные Штаты Америки
FR	Франция	ML	Мали	UZ	Узбекистан
GA	Габон	MN	Монголия	VN	Вьетнам
GB	Великобритания			YU	Югославия
				ZW	Зимбабве

## СПОСОБ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

### *Область техники.*

5 Изобретение относится к средствам автономного питания электронных систем, в частности, к способу и устройству для питания микроэлектронных схем.

### *Предшествующий уровень техники.*

В настоящее время развитие микроэлектроники привело к тому, что для питания  
10 некоторых (например, КМОП) электронных микросхем, выполняющих небольшие объемы вычислений, требуется крайне малое количество электрической энергии для их питания. Поэтому предпринимаются попытки обеспечить автономное электрическое питание таких микросхем, например, с использованием встраиваемых в их корпус микрогабаритных гальванических источников питания.

15 Недостатком такого устройства является ограниченный срок службы гальванического источника.

В связи с этим, привлекательны попытки отказаться от недолговечных гальванических источников питания и использовать для получения небольшой порции  
20 электрического заряда, достаточной для кратковременного питания электронной системы, малогабаритные устройства, преобразующие энергию источников неэлектрической природы в электрическую.

Известны, к примеру, способ и устройство для питания электронной системы посредством индукционного генератора, построенного на шаговом двигателе (патент США № 5061923, кл. H 04 Q 9/00, 1991). В этом устройстве для питания электронной  
25 системы используется механическое вращение ротора упомянутого двигателя, которое позволяет индуцировать на выходе обмотки статора электрическое напряжение, достаточное для питания электронной системы. Для ряда устройств эти механические движения неудобны, равно как сравнительно большие габариты и высокая стоимость двигателя, которые ограничивают применение такого вида источников питания.

30 Известны также способ и устройство для генерирования токовых импульсов для активации свето-излучающего диода (патент США №4595864, кл. H05B 37/02, 1986). В упомянутом устройстве ударное механическое воздействие на пьезоэлемент производит импульс тока, который посредством импульсного трансформатора преобразуется в

импульс тока, необходимый для активизации свето-излучающего диода. В этом устройстве импульсный трансформатор, в качестве единственного элемента схемы, служит согласующим элементом, необходимым для обеспечения эффективного прохождения токового импульса от пьезоэлемента с высоким выходным импедансом к свето-излучающему диоду с низким входным импедансом. Однако, известное решение не предназначено для накопления электрической энергии, производимой пьезоэлементом, необходимой для стабильного питания электронных систем.

Наиболее близким к изобретению является способ питания электронной системы, состоящий в преобразовании неэлектрической энергии в электрическую энергию и накоплении электрических зарядов, питающих электронную систему (заявка ЕПВ № 0725452, кл. Н 01 L 41/113, 1996) Устройство для питания электронной системы, реализующее указанный способ, содержит генератор электрических зарядов, использующий пьезоэлектрическое преобразование механической энергии в электрическую энергию, и накопитель электрических зарядов, выход которого является выходом устройства.

Однако известные способ и устройство мало эффективны для питания электронных систем. Это обусловлено тем, что пьезоэлементы, в отличие от гальванических источников или индукционных генераторов, не являются источниками электродвижущих сил (потенциалов), а являются генераторами электрического заряда. Причем величина порции производимого пьезоэлементом заряда, определяется однократным внешним механическим воздействием, а электрический потенциал, возникающий на выходе такого генератора заряда прямо пропорционален величине упомянутого заряда и обратно пропорционален величине выходной емкости генератора. В частности, пьезоэлементы позволяют получать небольшие по величине заряды с очень высоким электрическим потенциалом, порядка нескольких тысяч вольт. Использование столь высоковольтного источника для прямого питания низковольтных электронных систем, таких как, например, микроэлектронные схемы невозможно. Непосредственное присоединение к пьезоэлементу буферной нагрузочной электрической емкости с целью накопления на ней заряда, необходимого для питания низковольтной электронной системы, не эффективно, т.к. однократно производимая пьезоэлементом порция заряда очень мала и тем самым для накопления большего заряда требуется многократное и соответственно длительное по времени механическое воздействие на пьезоэлемент, т.е. многочисленные механические нажатия или удары по

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)

нему (что собственно и реализуется в механизме устройства по заявке ЕПВ № 0725452, кл. Н 01 L 41/113, 1996).

70 **Раскрытие изобретения.**

Задачей изобретения является создание способа и устройства для питания электронных систем, позволяющих значительно повысить эффективность источников электрического питания, выполненных на основе устройств для преобразования энергии, вырабатываемой источниками энергии неэлектрической природы, в электрическую энергию.

Для этого в способе питания электронной системы, состоящем в преобразовании неэлектрической энергии в электрическую энергию и накоплении необходимого количества электрических зарядов для питания электронных систем, в соответствии с изобретением преобразование неэлектрической энергии в электрическую энергию  
80 осуществляют посредством генерации электрических зарядов с высоким электрическим потенциалом, преобразованием энергии полученных зарядов, сопровождающимся увеличением количества электрических зарядов и понижением их электрического потенциала, с последующим их накоплением на выходе упомянутого источника питания, для питания электронной системы.

85 Преобразование неэлектрической энергии, в частности, механической энергии в энергию электрических зарядов с высоким электрическим потенциалом может быть выполнено посредством пьезоэлектрического или трибоэлектрического преобразования.

Привлекательно также использование в качестве зарядов с высоким  
90 электрическим потенциалом высокоэнергетических заряженных частиц, возникающих в результате радиоактивного распада вещества.

Устройство, осуществляющее такой способ питания электронных систем, содержащее генератор электрических зарядов, преобразующий энергию источника неэлектрической природы в электрическую энергию зарядов с высоким электрическим  
95 потенциалом и накопитель электрических зарядов, в соответствии с изобретением дополнительно содержит преобразователь энергии этих зарядов, вход которого подключен к выходу генератора зарядов, а выход упомянутого преобразователя подключен ко входу накопителя электрических зарядов, выход которого является выходом устройства. При этом преобразователь энергии зарядов выполнен с

**ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)**

100 возможностью увеличения количества исходных электрических зарядов, поступающих на его вход от генератора зарядов, и понижения их электрического потенциала.

Принципиальную возможность достижения вышеуказанного технического результата можно пояснить исходя из условия соблюдения закона сохранения энергии для соответствующего изобретению преобразования электрической энергии, которое в 105 идеальном виде выглядит как  $q \cdot U_{in} = Q \cdot U_{out}$ , где  $q$  и  $U_{in}$  соответственно заряд и его потенциал на входе преобразователя энергии зарядов, а  $Q$  и  $U_{out}$  соответственно заряд и потенциал на выходе упомянутого преобразователя. Исходя из этого условия можно оценить, что для увеличения (умножения) количества зарядов на выходе преобразователя энергии зарядов, т.е. для условия  $Q > q$ , необходимо, чтобы потенциал 110 на входе упомянутого преобразователя  $U_{in}$  превышал потенциал на его выходе  $U_{out}$ . Условие  $U_{in} > U_{out}$  весьма легко реализуется технически, поскольку потенциал зарядов, производимых генераторами зарядов, таких, например, как пьезоэлементы или трибоэлементы, обратно пропорционален собственной или нагрузочной емкости и может достигать нескольких тысяч вольт, в то время как потенциал, необходимый для 115 питания электронных систем, в частности микросистемных схем, составляет всего несколько единиц вольт. Эффективность процесса умножения количества зарядов будет определяться КПД упомянутого преобразователя по отношению к процессу переноса электрической энергии исходного заряда со входа преобразователя на его выход.

Накопитель электрических зарядов в указанном устройстве может быть 120 выполнен в виде электрического конденсатора.

В одном из вариантов выполнения устройства для питания электронных систем, преобразователь энергии зарядов выполнен в виде понижающего трансформатора, первичная обмотка которого соединена с выходом генератора электрических зарядов, а вторичная обмотка через выпрямитель соединена с накопителем электрических зарядов. 125 Такой преобразователь эффективен, когда генератор заряда производит короткие высокоэнергетические импульсы тока.

В другом варианте выполнения устройства для питания электронных систем, преобразователь энергии зарядов выполнен в виде полупроводникового преобразователя, входная область которого, подключенная к выходу генератора 130 электрических зарядов, образована полупроводниковой структурой, предназначенной для накопления зарядов от генератора электрических зарядов и формирования процесса лавинного пробоя при превышении порогового напряжения на полупроводниковой

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)

структуре, а выходная область полупроводникового преобразователя образована областью разделения и накопления вторичных зарядов, образующихся в результате лавинного пробоя, и соединена через выпрямитель с накопителем электрических зарядов. Входная область полупроводникового преобразователя может быть образована различными структурами, например, обратносмещенным р-п-переходом, другими видами диодных структур, а также транзисторной, либо тиристорной структурой, которые будут обеспечивать более резкий процесс лавинного умножения электрических зарядов.

Преобразователь энергии зарядов, может быть также выполнен в виде батареи конденсаторов, снабженной коммутационным устройством, предназначенным для переключения конденсаторов с последовательного соединения, необходимого для накопления зарядов от генератора зарядов, на последующее параллельное соединение, позволяющее понизить потенциал зарядов на выходе преобразователя и при этом в полной мере использовать весь заряд, накопленный на каждом конденсаторе в отдельности. В этом варианте энергия электрических зарядов, выработанная генератором зарядов, используется с наибольшей эффективностью.

Генератор электрических зарядов может быть выполнен в виде пьезоэлемента, трибоэлемента. Привлекательно также использование такого практически неисчерпаемого по емкости генератора электрических зарядов с высоким электрическим потенциалом, как например, радиоактивный источник заряженных частиц, который может быть выполнен в виде конденсатора, одна обкладка которого содержит радиоактивный материал излучающий заряженные  $\beta$ -частицы, а другая обкладка служит их коллектором.

Два последних вида генераторов электрических зарядов производят заряд сравнительно медленно, поэтому ряд преобразователей энергии зарядов, описанных выше, целесообразно дополнить формирователем коротких импульсов, включенным между выходом генератора электрических зарядов и входом преобразователя энергии электрических зарядов, выполненным подобно газоразрядной трубке либо в виде полупроводникового порогового элемента, например, тиристора.

*Краткое описание фигур чертежей.*

Фиг 1 - блок схема, устройства для питания электронных систем, в котором  
165 реализован заявленный способ питания электронных систем, включающий  
преобразование и накопление электрических зарядов

Фиг.2а - устройство для питания электронных систем, в котором преобразователь  
энергии зарядов выполнен на основе понижающего трансформатора.

Фиг.2б - устройство для питания электронных систем, в котором  
170 преобразователь энергии зарядов выполнен на основе понижающего трансформатора,  
дополненное пороговым элементом.

Фиг.3 - вариант устройства для питания электронных схем, в котором  
преобразователь энергии зарядов выполнен на основе полупроводниковой структуры.

Фиг.4 - устройство для питания электронных схем, в котором преобразователь  
175 энергии зарядов выполнен на основе батарей конденсаторов.

#### *Предпочтительные варианты осуществления изобретения.*

Как показано на фиг.1, устройство для питания электронных систем содержит  
генератор 1 зарядов, выход которого подключен ко входу преобразователя 2 энергии  
180 зарядов, а выход преобразователя 2 подключен ко входу накопителя 3 зарядов, выход  
которого является выходом устройства.

Накопитель электрических зарядов, может быть выполнен в виде электрического  
конденсатора, а также более сложной системы, включающей аккумуляторные  
накопители с гальваническими или суперионными элементами.

185 Согласно фиг.2а устройство для питания электронных систем, в котором,  
преобразователь энергии зарядов содержит трансформатор 4, первичная обмотка 5  
которого является входом преобразователя, а вторичная обмотка 6 соединенная с  
выпрямителем 7, образует выход упомянутого преобразователя, соединенный с  
накопительным конденсатором 8, который является выходным элементом указанного  
190 устройства.

На фиг.2б изображено устройство для питания электронных систем,  
выполненное по схеме, представленной на фиг.2а, и дополненное пороговым элементом  
9

В устройстве для питания электронных систем согласно фиг.3 преобразователь  
195 энергии зарядов выполнен в виде полупроводниковой структуры, имеющей подложку  
10 п-типа, с эпитаксиальным слоем 11 р-типа. В эпитаксиальном слое 11 сформированы

**ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)**



выпрямляющий контакт 12, выполненный в виде р-п-перехода и омический контакт 13. Контакты 12 и 13 образуют вход упомянутого преобразователя. Выходной накопительный конденсатор 8 указанного устройства соединен одним выводом с подложкой 10 и другим выводом через выпрямитель 14 с выпрямляющим контактом 12. На фиг.4 представлено устройство для питания электронных систем, в котором преобразователь энергии зарядов, содержащий набор из  $n$  одинаковых конденсаторов 15, с помощью устройства коммутации 16 может быть трансформирован в сборку с последовательным соединением этих конденсаторов, когда все коммутаторы переведены в положение I, либо в сборку с параллельным соединением конденсаторов, когда все коммутаторы переведены в положение II. К выходу упомянутого преобразователя, через выпрямитель 14, подключен выходной накопительный конденсатор 8.

В соответствии с фиг.1 преобразование неэлектрической энергии в электрическую энергию осуществляют с помощью генератора 1, который выполнен с возможностью производства электрических зарядов  $q$  с высоким электрическим потенциалом  $U_{in}$ . Выработанные генератором 1 заряды  $q$  поступают на вход преобразователя 2 энергии зарядов, который выполнен с возможностью увеличения исходного количества электрических зарядов и понижения их электрического потенциала на выходе преобразователя 2. Электрические заряды  $Q$  с выхода преобразователя поступают на вход накопителя 3 этих зарядов, который играет роль выходного буфера устройства для питания электронных систем и предназначен для накопления и хранения электрических зарядов. Выход накопителя 3, как уже отмечалось, является выходом устройства для питания электронных систем.

Преобразователи электрической энергии устройства для питания электронных систем, по фиг.2а и фиг.2б, работают в импульсном режиме. Если активизация генератора 1 заряда приводит к образованию высокоэнергетического токового импульса, то при подаче такого токового импульса в первичную обмотку 5 трансформатора 4 благодаря электромагнитной трансформации энергии импульса во вторичной обмотке 6 трансформатора 4 наводится импульс электродвижущей силы (ЭДС). Поскольку число витков во вторичной обмотке 6 меньше, чем число витков в первичной обмотке 5, то амплитуда ЭДС во вторичной обмотке 6 будет меньше, чем амплитуда входного напряжения, а амплитуда тока во вторичной обмотке будет превышать амплитуду тока в первичной обмотке 5. Таким образом, полный заряд  $Q$  в

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)

230 этом вторичном импульсе получается больше, чем заряд  $q$ , заключенный в первичном импульсе, исходящем от генератора заряда. После выпрямления вторичного токового импульса на двухполупериодном выпрямителе 7 его заряд  $Q$  накапливается на накопительном конденсаторе 8.

Если активизация генератора 1 зарядов не может обеспечивать короткого  
235 высокоэнергетического импульса тока, то необходимо использовать пороговый элемент 9, соединенный последовательно с одним из выводов генератора 1 заряда и одним из выводов первичной обмотки 5 импульсного трансформатора 4 (фиг.26). В этой схеме по фиг.26 импульс тока в первичной обмотке трансформатора образуется в результате переключения (пробоя) порогового элемента 9 при превышении на нем напряжения  
240 выше определенной величины.

Пороговый элемент в этой схеме может быть выполнен в виде трубки с газоразрядным промежутком либо полупроводниковой структуры, например, тиристора.

Вариант по фиг.26 будет весьма эффективным при выполнении генератора 1  
245 заряда в виде трибоэлемента или радиоактивного источника заряженных частиц. В таких генераторах электрический заряд и соответствующий потенциал на выходе генератора накапливается сравнительно медленно

В преобразователе энергии зарядов устройства питания для электронных систем, выполненном на основе полупроводниковой структуры фиг.3, используется эффект  
250 лавинного пробоя в полупроводниках. В использовании эффектов связанных с автоэлектронной ударной ионизацией и лавинным пробоем в полупроводниках [S.M.Sze, Physics of Semiconductor Devices, N.Y., 1981] заложены обширные возможности. В соответствии с этими эффектами электроны с высокой энергией благодаря соударениям с молекулами среды выбивают из них дополнительные носители  
255 заряда, что при определенных условиях может приводить к цепной реакции их лавинного умножения. На основе лавинных неустойчивостей работают такие известные полупроводниковые приборы как - тиристоры и лавиннопролетные диоды.

В устройстве для питания электронных систем, выполненном на основе полупроводникового преобразователя по фиг.3, выпрямляющий контакт 12 содержит  
260 обратносмещенный р-п переход, на емкости которого накапливается заряд  $q$ , вырабатываемый генератором 1 заряда. При превышении напряжением на р-п переходе величины порогового напряжения происходит его электрический пробой.

**ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)**

сопровождающийся рождением лавины электрон-дырочных пар. Часть неравновесных носителей заряда будет перетекать в омический контакт 13. Однако, если сопротивление эпитаксиального слоя 11 сделать достаточно большим, то ток утечки через контакт 13 может быть сделан меньше, чем ток инжекции электронов из сильнолегированной p-области подложки 10 в окрестности контакта 12, возникающий благодаря пространственному перераспределению электрических потенциалов в структуре после пробоя p-n перехода выпрямляющего контакта 12. Ток инжекции подложки компенсирует ток неравновесных дырок, дрейфующих от контакта 12 в сторону подложки 10, и будет заряжать через выпрямитель 14 накопительный конденсатор 8 до заряда  $Q$ . Благодаря тому, что количество неравновесных зарядов, рожденных лавинным пробоем, во много раз превышает заряд  $q$ , предварительно произведенный генератором 1 заряда, такой полупроводниковый преобразователь будет работать как умножитель заряда  $q$ . Как уже упоминалось, область p-n-перехода контакта 12 может быть выполнена в виде иной полупроводниковой структуры, например, лавинного полупроводникового диода, транзистора или тиристора. Основное требование к этой структуре состоит в том, чтобы ее входная емкость была бы сравнительно мала, что позволяло бы накопить заряд от генератора зарядов с высоким потенциалом и после превышения некоторого порогового напряжения сформировать импульс тока пробоя этой структуры с образованием процесса лавинного умножения носителей заряда.

В устройстве для питания электронных систем, показанном на фиг. 4, преобразователь энергии зарядов основан на коммутации набора элементарных низковольтных конденсаторов 15 емкостью  $C$  и реализует простой способ преобразования величины исходного заряда  $q$ , вырабатываемого генератором 1 заряда. При последовательном соединении конденсаторов 15 (все коммутаторы 16 установлены в положение I) общая входная емкость преобразователя мала и определяется как  $C_{in}=C/n$ , где  $C$  - емкость каждого конденсатора 15, а  $n$  - количество конденсаторов 15 в преобразователе. Если генератор 1 заряда выработал небольшую порцию заряда  $q$ , то напряжение на входе преобразователя будет большим и определяется как  $U_{in}=nq/C$ . При этом благодаря последовательному соединению каждый отдельный конденсатор 15 будет заряжен одинаковым зарядом  $q$ . При последующей установке всех коммутаторов 16 в положение II все конденсаторы 15 соединяются параллельно. Такое параллельное соединение конденсаторов 15 будет иметь емкость  $C_{out}=nC$ , а заряд этой емкости будет равен сумме зарядов всех конденсаторов 15, т.е. величине  $Q=nq$ . Величину напряжения,

#### ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)

образующегося на выходе преобразователя, можно определить как  $C_{out} = Q/C_{out} = q/C = U_{in}/n$ . Таким образом, структура ведет себя как умножитель в  $n$  раз заряда  $q$ , производимого генератором 1 заряда, с одновременным понижением в  $n$  раз его потенциала на выходе преобразователя. Накопление электрических зарядов от  
 300 нескольких последовательных актов генерации электрических зарядов посредством генератора 1 зарядов происходит на накопительном конденсаторе 8 подключенном к выходу упомянутого преобразователя, через выпрямитель 14

Коммутаторы в преобразователе на фиг.4 могут быть выполнены как с механическим управлением, так и с использованием электронных средств коммутации.

305 *Приведенные выше примеры выполнения способа и устройства для питания электронных систем являются лишь иллюстрацией и ни в коей мере не ограничивает объема изобретения, характеризуемого формулой изобретения.*

#### *Промышленная применимость.*

310 Изобретение также дает возможность эффективного использования и накопления электрической энергии от таких источников как пьезоэлектрические и трибоэлектрические преобразователи механической энергии, радиоактивные источники заряженных частиц, а также от иных генераторов электрических зарядов.

315 Применение устройств питания, соответствующих данному изобретению, наиболее эффективно в автономных электронных системах с кратковременным потреблением электрического питания, таких как, например, электронные замки, считывающие устройства для электронных карт, калькуляторы, портативные передатчики сигналов дистанционного управления, сенсорные устройства, и т.п.

320 Благодаря изобретению, радиоактивные генераторы зарядов могут быть эффективно использованы для длительного питания электронных систем, не позволяющих частого сервисного обслуживания, таких как, например, сердечные стимуляторы, навигационные радиомаяки, системы сигнализации и оповещения.

325 Изобретение позволяет создавать системы накопления электрической энергии путем эффективного преобразования механической энергии от таких неисчерпаемых природных источников механической энергии как энергия ветра, энергия морских волн, энергия приливных течений.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ.

1. Способ питания электронных систем, включающий преобразование неэлектрической энергии в электрическую энергию и накопление электрических зарядов для питания электронных систем, *отличающийся* тем, что преобразование неэлектрической энергии в электрическую энергию осуществляют путём генерации электрических зарядов с высоким электрическим потенциалом, а перед накоплением электрических зарядов производят преобразование энергии зарядов, сопровождающееся увеличением количества исходных электрических зарядов и понижением их электрического потенциала.
2. Способ по п. 1, *отличающийся* тем, что преобразование неэлектрической энергии в электрическую осуществляют посредством пьезоэлектрического преобразования.
3. Способ по п. 1, *отличающийся* тем, что преобразование неэлектрической энергии в электрическую осуществляют посредством трибоэлектрического преобразования.
4. Способ по п. 1, *отличающийся* тем, что в качестве зарядов с высоким электрическим потенциалом используют высокоэнергетические заряженные частицы, возникающие в результате радиоактивного распада вещества.
5. Устройство для питания электронной системы, содержащее генератор электрических зарядов, использующий преобразование неэлектрической энергии в электрическую энергию, и накопитель электрических зарядов, выход которого является выходом устройства, *отличающееся* тем, что в него введен преобразователь энергии зарядов, вход которого подключен к выходу генератора электрических зарядов, а выход - ко входу накопителя электрических зарядов, при этом упомянутый преобразователь выполнен с возможностью увеличения количества электрических зарядов, поступающих на его вход, и понижения потенциала электрических зарядов на его выходе.
6. Устройство по п. 5, *отличающееся* тем, что генератор электрического заряда выполнен на основе пьезоэлемента.
7. Устройство по п. 5, *отличающееся* тем, что генератор электрического заряда выполнен на основе трибоэлемента.
8. Устройство по п. 5, *отличающееся* тем, что генератор электрического заряда выполнен на основе радиоактивного источника заряженных частиц.

9 Устройство по пп 5-8, *отличающееся* тем, что накопитель электрических зарядов выполнен в виде конденсатора.

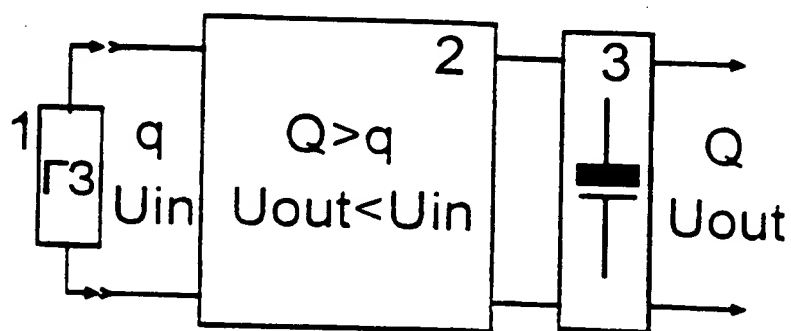
35 10. Устройство по любому из пп 5 или 6, *отличающееся* тем, что преобразователь энергии зарядов выполнен в виде понижающего трансформатора, первичная обмотка которого соединена с выходом генератора электрических зарядов, а вторичная обмотка через выпрямитель соединена с накопителем электрических зарядов

11. Устройство по любому из пп. 5-10, *отличающееся* тем, что дополнительно  
40 содержит формирователь коротких импульсов, включенный между выходом генератора электрических зарядов и входом преобразователя энергии электрических зарядов.

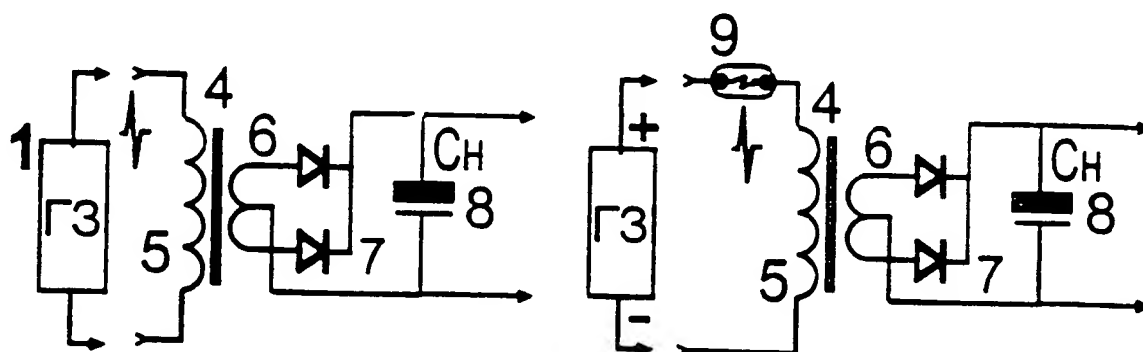
12. Устройство по любому из пп. 5-9, *отличающееся* тем, что преобразователь энергии зарядов выполнен в виде полупроводникового преобразователя, входная область которого, подключенная к выходу генератора электрических зарядов,  
45 образована полупроводниковой структурой, предназначенной для накопления зарядов от генератора электрических зарядов и формирования процесса лавинного пробоя при превышении порогового напряжения на упомянутой полупроводниковой структуре, а выходная область полупроводникового преобразователя образована областью  
50 разделения и накопления вторичных зарядов, образующихся в результате лавинного пробоя, и соединена через выпрямитель с накопителем электрических зарядов.

13. Устройство по любому из пп. 5-9, *отличающееся* тем, что преобразователь энергии зарядов выполнен в виде батареи конденсаторов, снабженной коммутационным устройством, предназначенным для переключения конденсаторов с последовательного  
55 соединения, необходимого для накопления зарядов от генератора электрических зарядов, на последующее параллельное соединение, позволяющее суммировать заряды, накопленные на каждом конденсаторе, с одновременным понижением потенциала этих зарядов на выходе преобразователя.

1/2



Фиг. 1

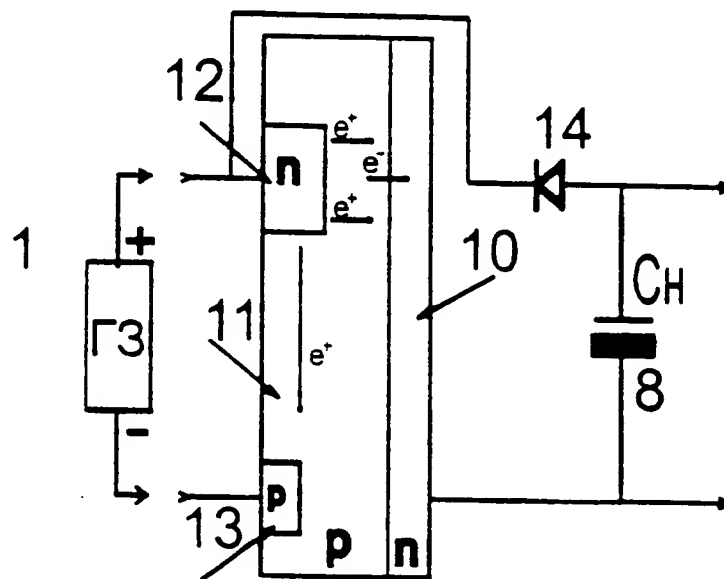


Фиг. 2а

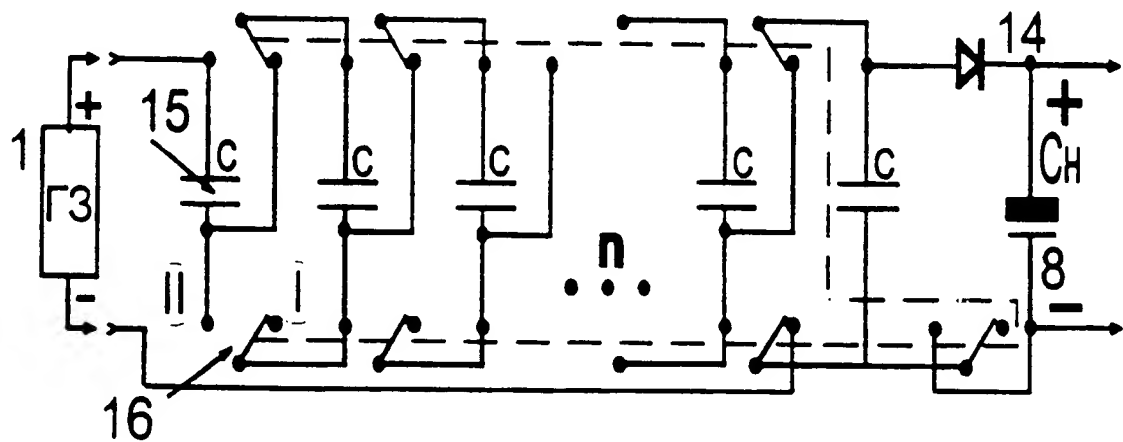
Фиг. 2б

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)

2/2



Фиг.3



Фиг.4

ЛИСТ ВЗАМЕН ИЗЪЯТОГО (ПРАВИЛО 26)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/RU 98/00352

## A CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6 H02N 2/18, H02N 1/00, G21H 1/00, H02M 11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6 H02N 2/00, 2/18, 1/00, 1/04, 11/00, G21H 1/00, 1/02, H02M 11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 3303404 C1 (LEUZE ELECTRONIC GmbH) 05 April 1984 (05.04.84)	1 -13
A	JP 09233862 A (SEIKO EPSON CORP) 05 September 1997 (05.09.97) abstract	1 -13
A	WO 97/36364 A1 (SEIKO EPSON CORPORATION) 02 October 1997 (02.10.97) abstract	1 -13
A	FR 2500692 A1 (BREVETOR SA) 27 August 1982 (27.08.82)	1 -13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 March 1999 (02.03.99)

Date of mailing of the international search report

24 March 1999 (24.03.99)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 99/00350

## A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

H02N 2/18, H02N 1/00, G21H 1/00, H02M 11/00

Согласно международной патентной классификации (МПК-6)

## B. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-6

H02N 2/00, 2/18, 1/00, 1/04, 11/00, G21H 1/00, 1/02, H02M 11/00

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

## C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
------------	---	----------------------

A	DE 3303404 C1 (LEUZE ELECTRONIC GmbH) 5.4.84	1 - 13
A	JP 09233862 A (SEIKO EPSON CORP) 05.09.97, реферат	1 - 13
A	WO 97/36364 A1 (SEIKO EPSON CORPORATION) 02.10.97, реферат	1 - 13
A	FR 2500692 A1 (BREVETOR SA) 27.8.1982	1 - 13

последующие документы указаны в продолжении графы C.

\* Особые категории ссылочных документов:

"A" документ, определяющий общий уровень техники

"E" более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее

"O" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

данные о патентах-аналогах указаны в приложении

"T" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

"X" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень

"Y" документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории

"&" документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска

02 марта 1999 (02.03.99)

Дата отправки настоящего отчета о международном

поиске

24 марта 1999 (24.03.99)

Наименование и адрес Международного поискового органа:

Федеральный институт

промышленной собственности

Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1

Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

Т. Щукина

Телефон №: (095)240-2591

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
INTERNATIONAL BUREAU

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE  
PATENT COOPERATION TREATY

(51) International Patent Classification<sup>6</sup> : H02N 2/18, 1/00, G21H 1/00, H02M 11/00

A1

(11) International Laid-open Application : WO 99/23749

(43) International Application Publication Date : May 14, 1999 (05.14.99)

(21) International Application No. : PCT/RU98/00352

(22) International Application Filed : October 29, 1998 (10.29.1998)

(30) Priority Data :

97118033

October 30, 1997 (10.30.97)

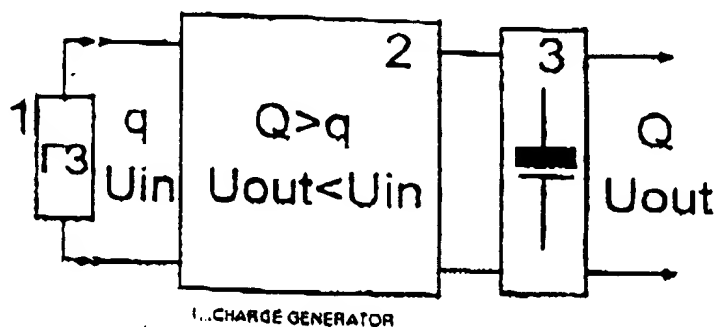
RU

(71) (72) Applicants and Inventors: NUNUPAROV, Martyn Sergeevich [RU/RU]; 103460, Moscow, Zelenograd, block 1133-159; MASLENNIKOV, Nikolai Mikhailovich [RU/RU]; 127251, Moscow, Ochyabr'skaya Str., bld. 91/2, ap. 29.

(81) Designated States : BY, CA, CN, KR, NO, SG, UA, US, European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)

Additional Published Documents : *International Search Report. Until the expiration of the statutory term for claim amendment; with the republication in case of amendment.*

(54) Title of the Invention: METHOD FOR POWER SUPPLY TO ELECTRONIC SYSTEMS AND APPARATUS THEREFOR



(57) Abstract

The present invention relates to a method and an apparatus providing autonomous power supply to electronic systems by means of converting the energy from non-electric sources into electric energy with charge generators. Examples of charge generators suitable for such apparatus include piezoelectric elements, triboelectric elements, and radioactive sources of charged particles, which do not require periodic replacement or recharging, unlike the conventional electric power sources such as galvanic batteries. When a charge generator (1) is activated, it produces a group of electric charges  $q$  with a high electric potential  $U_{in}$ , which are fed to the input of a charge energy converter (2). The converter (2) functions to increase the initial value  $q$  of the charges up to a value  $Q$ , while decreasing their potential to a value  $U_{out}$  which is lower than  $U_{in}$ . An electric charge accumulator (3) is installed at the output of the apparatus to accumulate the charges  $Q$  produced by the conversion, which are required for supplying power to electronic systems.

# FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	GE	Gruzia	MR	Mauritania
AM	Armenia	GH	Ghana	MW	Malawi
AT	Austria	GN	Guinea	MX	Mexico
AU	Australia	GR	Greece	NE	Niger
AZ	Azerbaijan	HU	Hungary	NL	Netherlands
BA	Bosnia-Herzegovina	IE	Ireland	NO	Norway
BB	Barbados	IL	Israel	NZ	New Zealand
BE	Belgium	IS	Island	PL	Poland
BF	Burkina Faso	IT	Italy	PT	Portugal
BG	Bulgaria	JP	Japan	RO	Romania
BJ	Benin	KE	Kenya	RU	Russian Federation
BR	Brazil	KG	Kyrgystan	SD	Sudan
BY	Belarus	KP	Democratic People's Republic of Korea	SE	Sweden
CA	Canada	KR	Republic of Korea	SG	Singapore
CF	Central African Republic	KZ	Kazakhstan	SI	Slovenia
CG	Congo	LC	Saint Lucia	SK	Slovakia
CH	Switzerland	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CI	Cote d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SZ	Swaziland
CM	Cameroon	LR	Liberia	TD	Chad
CN	China	LS	Lesotho	TG	Togo
CU	Cuba	LT	Lithuania	TJ	Tajikistan
CZ	Czech Republic	LU	Luxembourg	TM	Turkmenistan
DE	Germany	LV	Latvia	TR	Turkey
DK	Denmark	MC	Monaco	TT	Trinidad and Tobago
EE	Estonia	MD	Republic of Moldavia	UA	Ukraine
ES	Spain	MG	Madagascar	UG	Uganda
FI	Finland	MK	Former Yugoslavian Republic Macedonia	US	United States of America
FR	France			UZ	Uzbekistan
GA	Gabon	ML	Mali	VN	Vietnam
GB	United Kingdom	MN	Mongolia	YU	Yugoslavia
				ZW	Zimbabwe

# METHOD FOR POWER SUPPLY TO ELECTRONIC SYSTEMS AND APPARATUS THEREFOR

## *Technical Field*

The present invention relates to means for autonomous power supply to electronic systems, in particular, to a method and an apparatus for power supply to microelectronic circuitry.

## *Prior Art Technology*

Owing to recent progress achieved in microelectronics, some of electronic microcircuits (for example, CMOS) employed for small-scale calculations require a very small amount of electric energy. For this reason attempts have been made to provide autonomous power supply to such microcircuits, for example, by installing ultrasmall galvanic power sources in the microcircuit housings.

A limited service life of galvanic sources is a drawback of such apparatus.

Accordingly, it seems inviting to abandon the galvanic power sources that have a short service life and to use miniature devices converting the energy of non-electric sources into electric energy to obtain small electric charges sufficient for short-term power supply to an electronic system.

For example, a method and apparatus are known which are designed to supply power to an electronic system by means of an induction generator comprising a step motor (US Patent No. 5,061,923, Cl. H 04 Q 9/00, 1991). This apparatus for power supply to an electronic system uses mechanical rotation of the motor, which makes it possible to induce an electric voltage sufficient to supply power to the electronic system on the stator winding output. Such mechanical movements are, however, unsuitable for some apparatus. Moreover, a comparatively large size and high cost of the motor limit the application of such power source.

A method and an apparatus for generating current pulses for activating a light-emitting diode are also known (US Patent No. 4,595,864, Cl. H05B 37/02, 1986). In this apparatus, a piezoelectric element subjected to a mechanical impact generates a current impulse which is

converted by a pulse transformer into a current pulse required to activate a light-emitting diode. In this apparatus, the impulse transformer is a single circuit element and it serves as a matching element required for an effective passage of a current pulse from the piezoelectric element having a high input impedance to the light-emitting diode having a low input impedance. However, this known apparatus is not designed to accumulate electric energy produced by the piezoelectric element, such accumulation being required for stable power supply to electronic systems.

In terms of technological essence the closest to the present invention is a method for power supply to an electronic system comprising converting non-electric energy into electric energy and accumulating the electric charges supplying power to the electronic system (European Patent No. 0725452, Cl. H 01 L 41/113, 1996). An apparatus for supplying power to an electronic system, which is employed to implement the above-mentioned method, comprises a generator of electric charges using the piezoelectric conversion of mechanical energy into electric energy and an accumulator of electric charges whose output is an output of the apparatus.

However, these known method and apparatus have poor efficiency in supplying power to electronic systems. This is because the piezoelectric elements, unlike the galvanic sources or induction generators, are electric charge generators rather than e.m.f (potential) sources. Moreover, the value of charge produced by the piezoelectric element is determined by a single external mechanical effect, whereas an electric potential appearing at the output of such charge generator is directly proportional to the amount of this charge and inversely proportional to the output capacitance of the generator. In particular, piezoelectric elements make it possible to obtain small charges with a very high electric potential of several thousands of volts. Such a high-voltage source cannot be used for direct power supply to low-voltage electronic system such as microelectronic circuits. The direct connection of a buffer load capacity to the piezoelectric element with the aim of accumulating a charge thereon, which is required for supplying power to a low-voltage electronic system, is not effective because a charge produced by the piezoelectric element in one cycle is very small and, therefore, multiple and, accordingly, long-term mechanical actions upon the piezoelectric element, that is, multiple mechanical pressure applications of impacts on the piezoelectric element are required to accumulate a large charge (this is realized in the mechanism of the apparatus of European Patent No. 0725452, Cl. H 01 L 41/113, 1996).

### *Disclosure of the Invention*

The object of the present invention is to provide a method and apparatus for power supply to electronic systems, which make it possible to increase significantly the efficiency of electric power sources based on devices for conversion of energy produced by non-electric energy sources into electric energy.

Accordingly, the present invention relates to a method for power supply to an electronic system comprising the conversion of non-electric energy into electric energy and accumulation of the required amount of electric charges for power supply to electronic systems, wherein, the conversion of non-electric energy into electric energy is conducted by generating electric charges with a high electric potential, converting the energy of the obtained charges in such a manner that the amount of electric charges is increased and their electric potential is decreased, and then accumulating them at the output of the above-mentioned power source, for the purpose of power supply to the electronic system.

The conversion of non-electric energy into electric energy in particular, mechanical energy into energy of electric charges having a high electric potential, can be conducted by means of piezoelectric or triboelectric conversion.

Another attractive approach comprises the utilization of high-energy charged particles generated in radioactive fission as the charges with a high electric potential.

In accordance with the present invention, the apparatus for the implementation of the above-described method for power supply to electronic systems comprises an electric charge generator converting the energy of non-electric sources into electric energy of charges with a high electric potential and an electric charge accumulator, this apparatus additionally comprising a converter which converts the energy of these charges, the input of the converter being connected to the charge generator output, and the output of the converter being connected to the input of the electric charge accumulator whose output is the output of the apparatus. The charge energy converter is adapted to increase the amount of the initial electric charges supplied to its input from the charge generator and to decrease their electric potential.

The possibility of achieving the above-described technological result can be illustrated based on the condition of compliance with the energy conservation law applied to the electric



energy conversion in accordance with the present invention, which can be represented, in an ideal situation, as  $q \cdot U_{in} = Q \cdot U_{out}$ , where  $q$  and  $U_{in}$  are a charge and potential thereof, respectively, at the charge energy converter input, and  $Q$  and  $U_{out}$  are a charge and potential, respectively, at the converter output. This condition suggests that in order to increase the amount (multiply) of charges at the charge energy converter output, i.e., to satisfy the condition  $Q > q$ , it is necessary that the potential at the input of the above-mentioned converter  $U_{in}$  exceed the potential at its output  $U_{out}$ . The condition  $U_{in} > U_{out}$  can be easily realized technologically because the potential of charges produced by charge generators such as piezoelectric or triboelectric elements, are inversely proportional to intrinsic or load capacitance and can be as high as several thousand of volts, whereas the potential required for power supply to electronic circuits, in particular, microelectronic circuits, is as low as several volts. The efficiency of charge multiplication process will be determined by the efficiency of the above-mentioned converter with respect to a process of transferring the electric energy of the initial charge from the converter input to its output.

The electric charge accumulator in the apparatus in accordance with the present invention can be in the form of an electric capacitor.

In one embodiment of the apparatus for power supply to electronic circuits, the charge energy converter is in the form of a reducing transformer whose primary winding is connected to the output of the electric charge generator, and its secondary winding is connected to the electric charge accumulator via a rectifier. Such converter is especially effective when the charge generator produces short high-energy current pulses.

In another embodiment of the apparatus for power supply to electronic circuits, the charge energy converter is in the form of a semiconductor converter whose input region connected to the electric charge generator output is formed by a semiconductor structure designed to accumulate charges from the electric charge generator and induce an avalanche break-down process when the threshold voltage on the semiconductor substrate is exceeded, and the output region of the semiconductor converter is formed by the region serving to separate and accumulate the secondary charges formed as a result of the avalanche break-down and is connected to the electric charge accumulator via a rectifier. The input region of the semiconductor converter can be formed by various structures, for example, by an inversely

biased p-n junction or other diode-type structures, as well as by a transistor or thyristor structure, which will provide for a faster avalanche multiplication of electric charges.

The energy converter can also be in the form of capacitor stack equipped with a commutation apparatus designed to switch the capacitors from the connection in series required to accumulate charges from the charge generator to the subsequent parallel connection allowing the decrease in the charge potential and the converter output, while using the entire charge accumulated in each capacitor. In this embodiment, the energy of electric charges produced by the charge generator is used with the highest efficiency.

The electric charge generator can be in the form of a piezoelectric or triboelectric element. Another attractive approach is to use a radioactive source of electric particles that is a generator of high-potential electric charges with a practically inexhaustible capacity. Such radioactive source can be in the form of a capacitor having one plate containing a radioactive material emitting charged  $\beta$ -particles and another plate as a collector for these particles.

The electric charge generators of the two latter types produce charges at a relatively low rate. Therefore, it is preferred that a series of charge energy converters described above be used in combination with a short pulse former connected between the output of the electric charge generator and input of the electric charge energy converter and designed similarly to a gas-discharge tube or in the form of a semiconductor threshold element such as a thyristor.

#### *Brief Description of the Drawings*

Figure 1 is a block diagram of the apparatus for power supply to electronic systems, which implements the claimed method for power supply to electronic systems comprising the conversion and accumulation of electric charges.

Figure 2a is an apparatus for power supply to electronic systems, in which the charge energy converter is based on a reducing transformer.

Figure 2b is an apparatus for power supply to electronic systems, in which the charge energy converter is based on a reducing transformer, this apparatus additionally containing a threshold element.

Figure 3 is an embodiment of the apparatus for power supply to electronic systems, in which the charge energy converter is based on a semiconductor structure.

Figure 4 is an embodiment of the apparatus for power supply to electronic systems, in which the charge energy converter is based on a stack of capacitors.

#### *Preferred Embodiments of the Present Invention*

As shown in Figure 1, the apparatus for power supply to electronic systems comprises a charge generator 1 whose output is connected to the input of a charge energy converter 2. The output of converter 2 is connected to the input of charge accumulator 3 whose output is an output of the apparatus.

The electric charge accumulator can be in the form of an electric capacitor or a more complex system comprising battery accumulators with galvanic or superionic elements.

In the apparatus for power supply to electronic systems shown in Figure 2a, the charge energy converter comprises a transformer 4 whose primary winding 5 is the input of the converter and whose secondary winding 6 connected to a rectifier 7 forms the output of the converter connected to a storage capacitor 8 which is an output element of the apparatus.

Figure 2b shows the apparatus for power supply to electronic systems having a structure shown in Figure 2a and additionally containing a threshold element.

In the apparatus for power supply to electronic systems shown in Figure 3, the charge energy converter is in the form of a semiconductor structure having an n-type substrate 10 with an epitaxial p-type layer 11. A rectifying contact 12 in the form of a p-n junction and an ohmic contact 13 are formed in the epitaxial layer 11. Contacts 12 and 13 form the input of the above-mentioned converter. The output storage capacitor 8 of the apparatus is connected by one lead thereof to substrate 10 and by the other lead thereof to the rectifying contact 12 via a rectifier 14. Figure 4 shows the apparatus for power supply to electronic systems, in which the charge energy converter comprising a set of  $n$  identical capacitors 15 can be transformed, by means of a commutation apparatus 16, into an assembly in which these capacitors are connected in series when all the commutators are set in position I or into an assembly in which these capacitors are connected in parallel when all the commutators are set in position II. An output storage capacitor 8 is connected to the output of the above-mentioned converter via the rectifier 14.

According to Figure 1, the conversion of non-electric energy into electric energy is conducted with generator 1 which is adapted to generate electric charges  $q$  with a high electric

potential  $U_{in}$ . The charges  $q$  generated by the generator 1 are supplied to the input of the charge energy converter 2 which is adapted to increase the initial amount of electric charges and decrease their electric potential at the output of converter 2. Electric charges  $Q$  from the converter output are supplied to the input of accumulator 3 which serves as an output buffer of the apparatus for power supply to electronic systems and designed to accumulate and store the electric charges. The output of the accumulator 3, as was mentioned above, is the output of the apparatus for power supply to electronic systems.

The electric energy converters of the apparatus for power supply to electronic systems shown in Figure 2a and Figure 2b operate in a pulse mode. If the activation of generator 1 results in the formation of a high-energy current pulse, then when such current pulse is supplied to the primary winding 5 of transformer 4, the electromagnetic transformation of pulse energy induces an electromotive force (e.m.f) pulse in the secondary winding 6 of transformer 4. Since the number of turns in the secondary winding 6 is greater than that in the primary winding 5, the e.m.f amplitude in the secondary winding 6 will be less than the input voltage amplitude, and the current amplitude in the secondary winding will be greater than the current amplitude in the primary winding 5. Thus, the entire charge  $Q$  in this secondary pulse becomes greater than charge  $q$  contained in the primary pulse supplied by the charge generator. Upon rectification of the secondary current pulse in a fullwave rectifier 7, the charge  $Q$  of the pulse is accumulated in the storage capacitor 8.

If the activation of charge generator 1 cannot provide a short high-energy current pulse, it is necessary to use a threshold element 9 connected in series with one output of charge generator 1 and one output of primary winding 5 of pulse transformer 4 (Figure 2b). In the structure shown in Figure 2b, the current pulse in the primary winding of the transformer is formed as a result of switching (break-down) of the threshold element 9 occurring when a voltage applied thereto exceeds the preset value.

The threshold element in this structure can be in the form of a tube with a gas discharge gap or a semiconductor structure, for example, a thyristor.

The embodiment shown in Figure 2b will be very effective if the charge generator 1 is in the form of a triboelectric element or a radioactive source of charged particles. In such generators, the electric charge and the respective potential at the generator output are accumulated at a relatively low rate.

An avalanche break-down effect observed in semiconductors is used in the energy charge converter of the apparatus for power supply to electronic systems, which is based on the semiconductor structure shown in Figure 3. The utilization of effects relating to autoelectronic collision ionization and avalanche break-down in semiconductors (S. M. Szc, Physics of Semiconductor Devices, N.Y., 1981) offers outstanding possibilities. In accordance with these effects, the high-energy electrons collide with molecules of the medium and knock additional charge carriers therefrom. Under certain conditions, this can lead to a chain reaction of avalanche multiplication of the charges. Well-known semiconductor devices such as thyristors and avalanche diodes operate based on such avalanche instability.

In the apparatus for power supply to electronic systems, which is based on the semiconductor converter shown in Figure 3, the rectifying contact 12 comprises an inversely biased p-n generator; charge  $q$  produced by charge generator 1 is accumulated on the junction capacity. A voltage on the p-n junction exceeding the threshold voltage induces an electric break-down accompanied by the formation of electron-hole pairs. Some of non-equilibrium charge carriers will flow over into the ohmic contact 13. However, if the resistance of epitaxial layer 11 is sufficiently high, the leakage current via contact 13 can be decreased to below the electron injection current from a highly doped n-region of substrate 10 in the vicinity of contact 12, this current being induced by spatial redistribution of electric potentials in the structure after the breakdown of the p-n-junction of rectifying contact 12. The substrate injection current compensates the current of non-equilibrium holes drifting from contact 12 toward substrate 10 and will charge the storage capacitor 8 to charge  $Q$  via rectifier 14. Since the amount of non-equilibrium charges generated by the avalanche break-down is many times greater than charge  $q$  that was produced in advance by charge generator 1, such semiconductor converter will operate as a charge  $q$  multiplier. As was already mentioned above, the p-n junction region of contact 12 can be in the form of a different semiconductor structure, for example, an avalanche semiconductor diode, transistor or thyristor. The main requirement relating to this structure is that its input capacity should be small to allow for accumulation of charges from the charge generator which have a high potential and, after a certain threshold voltage is exceeded, to form a break-down current pulse for this structure and, at the same time, to induce avalanche multiplication of charge carriers.

In the apparatus for power supply to electronic circuits shown in Figure 4, the charge energy converter is based on commutation performed by a set of low-voltage capacitors 15 with a capacity  $C$ , this converter realizing a simple method for converting the value of the initial charge  $q$  produced by charge generator 1. When the capacitors 15 are connected in series (all commutators 16 are set in position I), the total input capacity of the converter is small and is determined as  $C_{in} = C/n$ , where  $C$  is the capacitance of each capacitor 15, and  $n$  is the number of capacitors 15 in the converter. If the charge generator 1 has produced a small charge  $q$ , then a voltage of  $U_{in} = nq/C$  is obtained at the converter input. In this case, each separate capacitor will be charged to the same charge  $q$  because the capacitors 15 are connected in series. Subsequent setting of all the commutators 16 in position II provides for parallel connection of all the capacitors 15. Such parallel connection of capacitors 15 will have a capacity of  $C_{out} = nC$ , and the charge of this capacitor set will be equal to a sum of charges of all the capacitors 15, that is, to  $Q = nq$ . The voltage generated at the converter output can be determined as  $U_{out} = Q/C_{out} = q/C = U_{in}/n$ . Thus, the structure acts as a multiplier which multiplies the charge  $q$  produced by the charge generator 1 by a factor of  $n$  and, at the same time, reduces its potential at the converter output by a factor of  $n$ . The accumulation of electric charges from several consecutive acts of electric charge generation by the charge generator 1 proceeds at a storage capacitor 8 connected to the output of the above-mentioned converter via rectifier 14.

The commutators in the converter shown in Figure 4 can be mechanically controlled or electronic commutation can be employed.

*The above-described examples of realization of the method and apparatus for power supply to electronic systems are merely illustrative and place no limitation whatsoever of the scope of the present invention disclosed in the claims.*

#### *Field of Industrial Application*

The present invention also provides for effective utilization and accumulation of electric energy from such sources as piezoelectric and triboelectric converters of mechanical energy, radioactive sources of charged particles and other generators of electric charges.

The utilization of power supply apparatuses in accordance with the present invention is most effective in autonomous electronic systems with a short-term consumption of electric

power, such as electronic locks, reading devices for electronic cards, calculators, portable transmitters of remote control signals, sensors and the like.

Owing to the present invention, the radioactive generators of charges can be used effectively for long-term power supply to electronic systems which are not adapted to frequent maintenance, such as heart stimulators, navigational radio beacons, and signaling and warning systems.

The present invention makes possible the development of systems for accumulation of electric energy by effective conversion of mechanical energy from inexhaustible natural resources of mechanical energy such as wind, wave, and tide energy.

#### *Patent Claims*

1. A method for power supply to electronic systems comprising converting non-electric energy into electric energy and accumulating electric charges for power supply to electronic systems, *characterized by the fact, that* the conversion of non-electric energy into electric energy is conducted by generating electric charges with a high electric potential and converting the charge energy prior to accumulation of the electric charges, this conversion being accompanied by the increase in the amount of initial electric charges and reduction in their electric potential.

2. The method as described in Claim 1, *characterized by the fact, that* the conversion of non-electric energy into electric energy is conducted by piezoelectric conversion.

3. The method as described in Claim 1, *characterized by the fact, that* the conversion of non-electric energy into electric energy is conducted by triboelectric conversion.

4. The method as described in Claim 1, *characterized by the fact, that* high-energy charged particles produced by radioactive fission are used as the charges with a high electric potential

5. An apparatus for power supply to electronic systems comprising an electric charge generator using the conversion of non-electric energy into electric energy and an electric charge accumulator whose output is the output of the apparatus, *characterized by the fact, that* it additionally comprises a charge energy converter whose input is connected to the output of the electric charge generator and whose output is connected to the input of the electric charge

accumulator, wherein said converter is adapted to increase the amount of electric charges supplied to its input and decrease the potential of electric charges at its output.

6. The apparatus as described in Claim 5, *characterized by the fact, that* the electric charge generator is based on a piezoelectric element.

7. The apparatus as described in Claim 5, *characterized by the fact, that* the electric charge generator is based on a triboelectric element.

8. The apparatus as described in Claim 5, *characterized by the fact, that* the electric charge generator is based on a radioactive source of charged particles.

9. The apparatus as described in Claims 5 to 8, *characterized by the fact, that* the electric charge accumulator is in the form of a capacitor.

10. The apparatus as described in any claim of Claims 5 and 6, *characterized by the fact, that* the charge energy converter is in the form of a reducing transformer whose primary winding is connected to the output of the electric charge generator and whose secondary winding is connected to the electric charge accumulator via a rectifier.

11. The apparatus as described in any claim of Claims 5 to 10, *characterized by the fact, that* it additionally contains a short pulse former connected between the output of the electric charge generator and the input of the electric charge energy converter.

12. The apparatus as described in any claim of Claims 5 to 9, *characterized by the fact, that* the charge energy converter is in the form of a semiconductor converter whose input region, which is connected to the output of the electric charge generator, is formed by a semiconductor structure designed to accumulate charges from the electric charge generator and induce an avalanche break-down process when a threshold voltage on said semiconductor structure is exceeded, and whose output region is formed by a region for separation and accumulation of secondary charges produced by the avalanche break-down and is connected to the electric charge accumulator via a rectifier.

13. The apparatus as described in any claim of Claims 5 to 9, *characterized by the fact, that* the charge energy converter is in the form of a capacitor stack equipped with a commutation apparatus designed to switch the capacitors from the connection in series required to accumulate charges from the electric charge generator to the subsequent parallel connection adapted to add together the charges accumulated on each capacitor and, at the same time, to decrease the charge of these charges at the converter output.



1/2

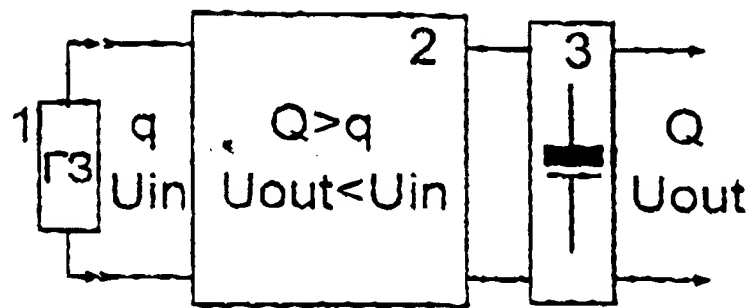


FIGURE 1

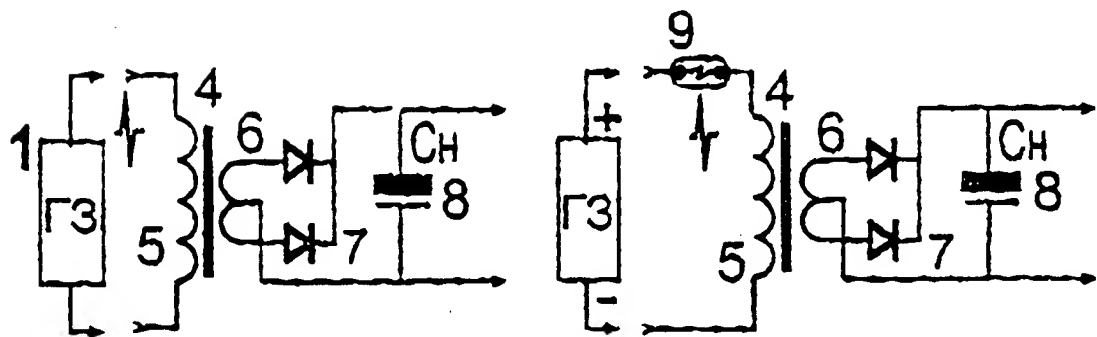


FIGURE 2a

FIGURE 26

2/2

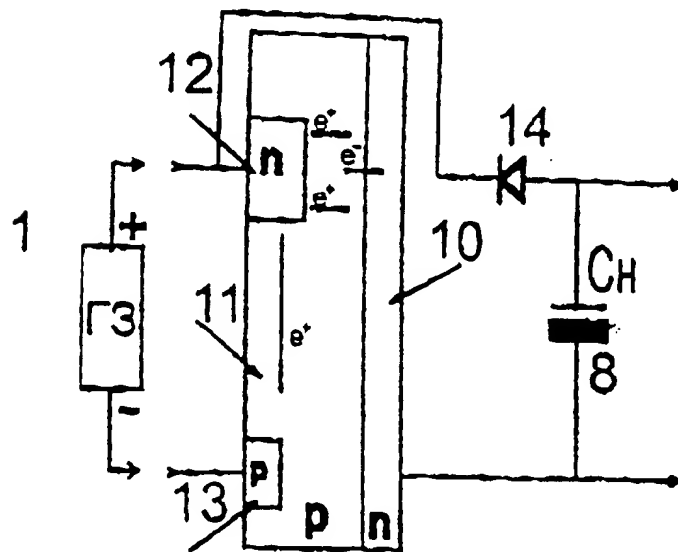


FIGURE 3

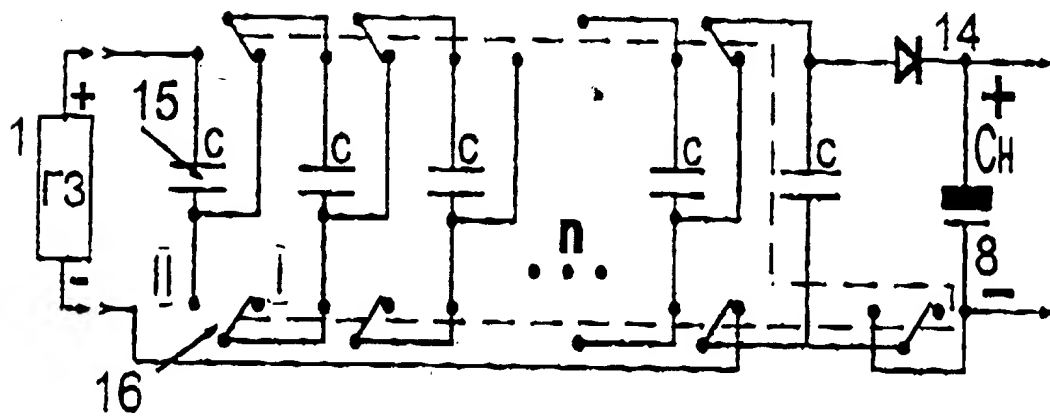


FIGURE 4